

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° d publication : 2 791 177
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : 99 03469

⑤① Int Cl⁷ : H 01 L 21/28, H 01 L 29/772, 21/3065

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 19.03.99.

③⑩ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.09.00 Bulletin 00/38.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥⑩ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : FRANCE TELECOM Société ano-
nyme — FR et COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMI-
QUE — FR.

⑦② Inventeur(s) : SKOTNICKI THOMAS et JURCZAK
MALGORZATA.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

⑤④ PROCEDE DE REALISATION D'UNE GRILLE EN FORME DE CHAMPIGNON OU GRILLE EN "T".

⑤⑦ Le procédé comprend:
- la formation sur une surface principale d'un substrat
semi-conducteur recouvert d'une mince couche d'oxyde de
grille d'un corps de grille en matériau conducteur; et
- la gravure latérale du corps de grille pour former le pied
de la grille en forme de champignon.
Application aux dispositifs CMOS.

FR 2 791 177 - A1



Procédé de réalisation d'une grille en forme de champignon ou grille en "T".

La présente invention concerne d'une manière générale un procédé de réalisation d'une grille d'un dispositif semi-conducteur, et plus particulièrement un procédé de réalisation d'une grille en forme de champignon également dite grille en "T".

5 Dans le domaine des circuits CMOS, tels que les transistors CMOS, pour des applications à des produits fonctionnant en radiofréquence (RF) ou pour le traitement de données, la vitesse de commutation des dispositifs semi-conducteurs utilisés est une caractéristique importante de ceux-ci.

10 Les dispositifs semi-conducteurs à grille en forme de champignon sont bien connus pour leurs avantages en termes de vitesse de commutation.

De tels dispositifs à grille en forme de champignon sont décrits entre autres dans les documents :

15 "A novel self-aligned T-shape gate process for deep submicron Si MOSFET's fabrication (Procédé pour une nouvelle grille en forme de T auto-alignée pour la fabrication de MOSFET à Si submicronique profond)" Horng-Chih Lin et al., IEEE, T. ED-19, janvier 1998, pp. 26-28;

20 "A low-resistance self-aligned T-shape gate for high performance sub-0,1 μm CMOS (grille en forme de T, auto-alignée de faible résistance pour CMOS sub-0,1 μm de haute performance)" Digh Hisamoto et al., IEEE, T. ED-44, juin 1997, pp. 951-956; et

25 "Sub-100 nm gate length metal gate NMOS transistors fabricated by a replacement gate process (Transistors NMOS à grille métallique de longueur sub-100 nm fabriqués par un procédé de

remplacement de grille)", A. Chatterjee et al., IEDM'97, pp. 821-824.

Dans ces publications de l'art antérieur, le principal facteur de l'amélioration de la vitesse de commutation est la réduction de la résistance de grille résultant de l'élargissement dû au chapeau de la grille en forme de champignon.

Dans l'article de Horng-Chih Lin et al., la grille-champignon est réalisée par formation d'un pied de grille en silicium polycristallin, dépôt d'une couche de matériau isolant (tétraorthosilicate d'éthyle), aplanissement par polissage mécano-chimique, gravure, dépôt d'une seconde couche de silicium polycristallin, formation d'espaceur et gravure par faisceau d'ions réactifs.

Dans le mode de réalisation décrit dans l'article de Digh Hisamoto et al., le chapeau élargi de la grille est formé par dépôt en phase vapeur de tungstène au dessus d'une grille gravée. Du fait de la croissance isotropique du tungstène, on obtient automatiquement un dépôt élargi.

Quant au procédé dit de "remplacement de grille" de l'article A. Chatterjee et al., il s'apparente à un procédé double damascène.

Un inconvénient commun aux trois procédés évoqués ci-dessus est qu'ils n'agissent que sur un seul facteur limitant la vitesse de commutation, à savoir la résistance de grille, cependant que cette vitesse de commutation est également fortement réduite par les capacités de recouvrement.

En outre, le procédé de Horng-Chih Lin et al. apparaît complexe et difficile à contrôler, cependant que le procédé de Digh Hisamoto et al. soulève des problèmes de masquage et de fiabilité d'un dépôt de tungstène débordant.

Enfin, la technique décrite dans l'article de A. Chatterjee et al. n'est pas auto-alignée, apparaît également très complexe, nécessitant la création d'une fausse grille (éliminée ultérieurement) et un polissage mécano-chimique au niveau de la grille.

L'invention a donc pour objet un procédé de réalisation d'une grille en forme de champignon pour un dispositif semi-conducteur, en particulier un dispositif CMOS, auto-aligné et remédiant aux inconvénients de l'art antérieur.

En particulier, l'invention a pour objet un tel procédé de

réalisation d'une grille en forme de champignon permettant d'améliorer plusieurs facteurs influant sur la vitesse de commutation et non pas seulement sur la résistance de grille.

5 Selon l'invention, on fournit un procédé de réalisation dans un dispositif semi-conducteur d'une grille en forme de champignon comprenant un pied surmonté d'un chapeau qui comprend :

- la formation sur une surface principale d'un substrat semi-conducteur recouvert d'une mince couche d'oxyde de grille d'un corps de grille en matériau conducteur; et
- 10 - la sous-gravure latérale du corps de grille pour former le pied de la grille en forme de champignon.

De préférence, la longueur de la sous-gravure latérale, depuis deux côtés opposés du corps de grille est de 5 à 50 nm, mieux de 10 à 40 nm depuis chacun des côtés.

15 Bien évidemment, la sous-gravure latérale est telle qu'elle forme dans la partie supérieure du corps de grille un chapeau plus long que le pied de grille. Ainsi, la hauteur du pied obtenu par sous-gravure latérale représentera de préférence au plus 80% de la hauteur totale du corps de grille. En outre, la hauteur du pied de la grille en forme de champignon
20 sera généralement d'au moins 2 nm.

Dans le cas d'un corps de grille homogène, c'est-à-dire que l'ensemble de la grille est constitué par un unique matériau tel que du silicium polycristallin, la sous-gravure latérale du pied de la grille en forme de champignon peut être réalisée par tout procédé de sous-gravure
25 latérale, mais est de préférence localisée par sous-gravure par plasma, en particulier une sous-gravure par plasma en deux étapes comprenant une première étape de sous-gravure au moyen d'un plasma-haute énergie et une deuxième étape de sous-gravure au moyen d'un plasma-basse énergie.

De préférence, dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention,
30 on utilise un corps de grille hétérogène, c'est-à-dire un corps de grille constitué d'un empilement d'au moins deux couches superposées de matériaux conducteurs différents et généralement ayant des vitesses de gravure latérale différentes pour un procédé de gravure donné. De préférence, le matériau de la première couche aura une vitesse de gravure
35 latérale supérieure au matériau de la seconde couche.

Comme dans le cas d'une grille homogène, la sous-gravure latérale peut se faire par tout procédé approprié tel qu'une gravure latérale contrôlée au moyen d'une solution appropriée, mais de préférence par gravure plasma et en particulier une gravure plasma comprenant une première étape de gravure avec un plasma haute énergie et une seconde

5 étape de gravure avec un plasma basse énergie.

A titre d'exemple, dans le cas d'un alliage SiGe, la sous-gravure latérale peut s'effectuer après la gravure classique de la grille (masque de résine), en autorisant une gravure latérale contrôlée au cours du retrait du

10 masque de résine dans une solution acide ($\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$) ou encore après la gravure classique de la grille (masque dur), en utilisant une solution chimique sélective par rapport au silicium telle qu'une solution 40 ml HNO_3 70% - 20 ml H_2O_2 - 5 ml HF 0,5%, et même de l'eau pure si la concentration en Ge de l'alliage SiGe est suffisamment importante. Tout

15 de même, de préférence, cette gravure latérale s'effectue par une attaque plasma isotrope sélective par rapport au silicium et à l'oxyde.

Parmi les couples de matériaux utilisables pour l'empilement de grille, on peut citer les couples $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 < x \leq 1$) / Si ; Si/ $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 < x \leq 1$); $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ ($0 < x \leq 0,95, 0 < y \leq 0,05$)/Si, Si/ $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ ($0 < x \leq 0,95, 0 < y \leq 0,05$), Si dopé P^+ / Si dopé N^+ , Si dopé N^+ / Si dopé P^+ , Si/métal,

20 métal/Si et métal/métal.

La suite de la description se réfère aux figures 1 à 4 annexées qui représentent schématiquement les étapes principales d'une mise en oeuvre du procédé de l'invention pour la réalisation d'une grille-champignon

25 hétérogène.

Comme le montre la figure 1, on commence par former de manière classique, par dépôt et gravure, sur un substrat semi-conducteur 1, par exemple en silicium, ayant une face principale recouverte d'une couche d'oxyde de grille (SiO_2) 2, un corps de grille hétérogène 3

30 constitué d'une couche inférieure d'un premier matériau 4, par exemple en alliage $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ et d'une couche supérieure d'un second matériau 5, par exemple du silicium. Les couches inférieure et supérieure du corps de grille 3 peuvent être classiquement déposées par exemple par dépôt chimique en phase vapeur.

L'étape suivante, illustrée à la figure 2, consiste à former, par

35

gravure latérale, des cavités 6 dans la couche inférieure 4 sur des côtés opposés à celle-ci.

Comme indiqué précédemment, cette gravure latérale s'effectue de préférence par gravure plasma.

5 On procède alors comme le montre la figure 3 à une implantation classique de dopants pour former des jonctions 7 et 8 faiblement dopées (jonctions LDD), puis comme illustré à la figure 4, à la formation des espaceurs 9 et à une implantation de dopants pour réaliser les régions de source et de drain 10 et 11 de manière classique.

10 Dans le contexte d'une technologie à dimension caractéristique égale à la longueur de la couche Si supérieure, le procédé de l'invention de réalisation d'une grille-champignon, on obtient les avantages suivants :

- un recouvrement très réduit grille/jonction d'où une réduction des capacités de recouvrement;
- 15 - une résistance de grille inchangée dans le cas d'une grille siliciurée;
- une déplétion grille PMOS réduite du fait d'une meilleure activation du dopant (bore) dans l'alliage $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ par rapport au Si;
- un dopage du canal réduit du côté PMOS (par exemple pour une grille SiGe duale P^+/N^+).
- 20

Dans le contexte d'une technologie à dimension caractéristique égale à la longueur de la couche $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$:

- le recouvrement grille/jonction réduit (capacités C_{gs} et C_{gd} réduites);
- 25 - la résistance grille réduite et la siliciuration, grille plus facile du faite de l'élargissement;
- la déplétion grille PMOS réduite du fait d'une meilleure activation du bore dans le SiGe par rapport au Si;
- un dopage du canal réduit du côté PMOS (par exemple par une grille SiGe duale P^+/N^+).
- 30

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation dans un dispositif semi-conducteur d'une grille en forme de champignon comportant un pied surmonté d'un chapeau, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 - la formation sur une surface principale d'un substrat semi-conducteur recouvert d'une mince couche d'oxyde de grille d'un corps de grille en matériau conducteur ; et

- la gravure latérale du corps de grille pour former le pied de la grille en forme de champignon.

10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur de la gravure latérale de chaque côté du corps de grille est de 5 à 50nm, de préférence 10 à 40 nm.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la hauteur de gravure du corps de grille est de 2 nm à 80 % de la hauteur totale du corps de grille.

15 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le corps de grille est homogène et la gravure latérale s'effectue par gravure par plasma.

20 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le corps de grille est un empilement hétérogène comprenant une couche inférieure et une couche supérieure en matériau conducteur, le matériau de la couche inférieure ayant une vitesse de gravure latérale supérieure à celle du matériau de la couche supérieure pour un processus de gravure latérale donné.

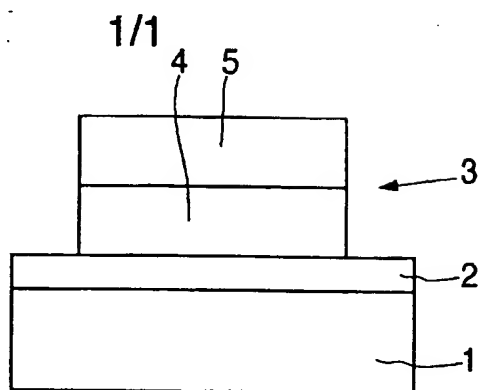
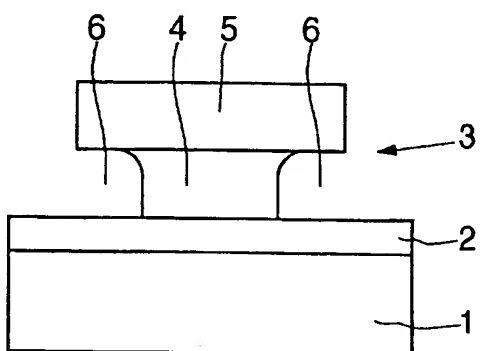
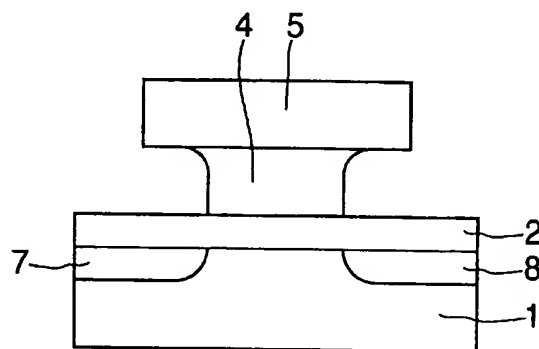
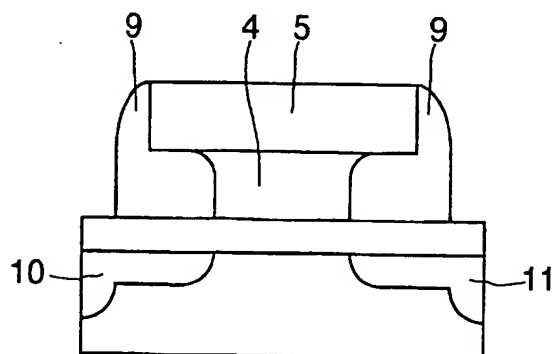
25 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les couples matériau de la couche inférieure / matériau de la couche supérieure sont choisis parmi les couples $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 < x \leq 1$) / Si ; $\text{Si}/\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 < x \leq 1$), $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ ($0 < x \leq 0,95$, $0 < y \leq 0,05$)/Si, $\text{Si}/\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ ($0 < x \leq 0,95$, $0 < y \leq 0,05$), Si dopé P^+ / Si dopé N^+ , Si dopé N^+ / Si dopé P^+ , Si/métal, métal/Si et métal/métal.

30 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le corps de grille est formé par gravure à l'aide d'un masque de résine et la gravure latérale de la couche inférieure du corps s'effectue en même temps que le retrait de la résine.

8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le corps de grille est formé par gravure au moyen d'un masque dur et la gravure latérale de la couche inférieure du corps s'effectue à l'aide d'une solution de gravure sélective vis-à-vis du silicium.

5

9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la gravure latérale de la couche inférieure s'effectue par gravure par plasma.

FIG.1FIG.2FIG.3FIG.4

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2791177

INSTITUT NATIONAL
d la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 577645
FR 9903469

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 650 342 A (EIMORI TAKAHISA ET AL) 22 juillet 1997 (1997-07-22) * colonne 5, ligne 17 - colonne 8, ligne 9; figures 5,6 *	1-6,9
X	FR 2 682 534 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 16 avril 1993 (1993-04-16) * figure 4 *	1-3,5,6, 9
X	EP 0 328 350 A (FUJITSU LTD) 16 août 1989 (1989-08-16) * figure 4C *	1-4
X	US 5 650 343 A (ALVIS ROGER ET AL) 22 juillet 1997 (1997-07-22) * colonne 4, ligne 38 - colonne 5, ligne 60 *	1-3,5,6 8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 492 (E-1278), 12 octobre 1992 (1992-10-12) -& JP 04 180633 A (KAWASAKI STEEL CORP), 26 juin 1992 (1992-06-26) * abrégé; figure 1 *	1-3,5 8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 177 (E-613), 25 mai 1988 (1988-05-25) -& JP 62 285468 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 11 décembre 1987 (1987-12-11) * abrégé; figure 1 *	1-3,5,6
A	US 5 741 736 A (BAKER JR FRANK KELSEY ET AL) 21 avril 1998 (1998-04-21) * colonne 5, ligne 15 - ligne 22 *	6
-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
22 décembre 1999		Gélébart, J
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C19)

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2791177

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 577645
FR 9903469

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	WO 98 13880 A (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 2 avril 1998 (1998-04-02) * abrégé * -----	6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
22 décembre 1999		Gélébart, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)

N English title available.

Patent Number: FR2791177
Publication date: 2000-09-22
Inventor(s): JURCZAK MALGORZATA; SKOTNICKI THOMAS
Applicant(s): FRANCE TELECOM (FR)
Requested Patent: FR2791177
Application Number: FR19990003469 19990319
Priority Number(s): FR19990003469 19990319
IPC Classification: H01L21/28; H01L29/772; H01L21/3065
EC Classification: H01L21/28E2B4, H01L21/28E2B20, H01L29/423D2B7B, H01L29/49E
Equivalents: WO0057461

Abstract

The invention concerns a method which consists in: forming on a main surface of a semiconductor substrate covered with a thin oxide film a gate body in conductive material; etching the sides of the gate body to form the foot of the gate in the shape of a mushroom. The invention is applicable to CMOS devices.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Docket # P2001,0216

Applic. # _____

Applicant: A. CAPPELLANI ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 63044768
PUBLICATION DATE : 25-02-88

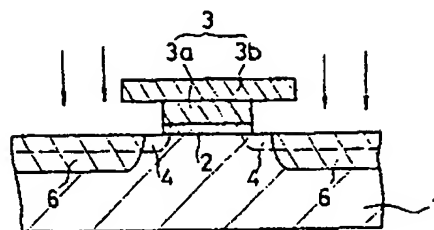
APPLICATION DATE : 12-08-86
APPLICATION NUMBER : 61188815

APPLICANT : MITSUBISHI ELECTRIC CORP;

INVENTOR : SATO SHINICHI;

INT.CL. : H01L 29/78

TITLE : FIELD EFFECT TRANSISTOR AND
MANUFACTURE OF THE SAME



ABSTRACT : PURPOSE: To neutralize a negative potential by a positive voltage applied to a gate electrode even if hot electrons are trapped by an insulating film by a method wherein a gate electrode of a T-shape cross-section is formed on a required part of a substrate and the insulating film is buried between the part of the gate electrode close to the substrate surface and the substrate surface beneath the electrode.

CONSTITUTION: After a gate insulating film 2 is formed on a silicon substrate 1, the material for a gate electrode 3 is applied. The gate electrode material is a double-layer film composed of, for instance, a polycrystalline silicon layer 3a and a high melting point metal layer 3b. By applying plasma etching to the electrode materials 3a and 3b with optimized conditions such as gas composition, gas pressure and electric power, a gate electrode 3 of a T-shape cross-section which has a brim part is formed. Then low concentration diffused layers 4 are provided closer to the gate electrode than high concentration diffused layers 6 and those two type diffused layers form continuous double-layer structures. With this constitution, a highly reliable transistor in which creation of hot carriers is suppressed and the gm deterioration caused by the carriers trapped by the insulating film is avoided can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio

Docket # P2001,0216

Applic. # _____

Applicant: A. CAPPELLANI ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101